

Przyrząd do pomiaru parametrów odbiorników cyfrowych (analogowych)

DUC SDR – pomiar NPR (współczynnik mocy szumów)

- **NPR** – noise power ratio
- **MDS** - miara najwyższej czułości odbiornika
- **RMDR i SBN** – wzajemne miksowanie i szum wstęp bocznych
- **BDR** - blokowanie zakresu dynamicznego (dotyczy analogów)

Czułość (MDS), szum pasma bocznego (SBN) i odporność na duże sygnały (RMDR) należą do najważniejszych cech odbiornika. Pomiar polega na wprowadzeniu do wejścia odbiornika sygnał szumu białego wtedy pasmo odbiornika jest wypełnione szerokopasmowym sygnałem szumu. Parametry szumu są określone przez zastosowany filtr BRF na wyjściu generatora szumów, filtr BPF na wejściu odbiornika oraz szerokość pasma IF (BIF rx). Szum nie występuje tylko w jednym punkcie pasma częstotliwości i w tym punkcie są pomierzone powstałe produkty interferencji. Służy do tego wąskopasmowy filtr wycinający (notch filter) do którego dostrajamy odbiornik i dzięki temu szum o tej częstotliwości jest całkowicie tłumiony $> 100\text{dB}$ - odbiornik nie odbiera żadnego szumu tylko własny szum. W teście NPR odbiornik jest dostrojony do częstotliwości wycięcia a poziom szumów jest zwiększany aż do wzrostu poziomu szumów w podstawie wycięcia filtra notcha. Jednak dodatkowy szum który można zmierzyć nie pochodzi z generatora szumów to sygnały zakłócające odbiornika wpadają w pasmo użyteczne filtra notcha i powodują intermodulację. Zwiększając sygnał z generatora do momentu gdy sygnał na wyjściu AF wzrośnie o 3 dB – i różnica pomiędzy sygnałem na wejściu i MDS odbiornika odpowiada „ współczynnikowi mocy szumów” (NPR – noise power ratio) a tym samym maksymalnym zakresem dynamicznym bez zniekształceń osiągalnym przez odbiornik.

Pomiar MDS

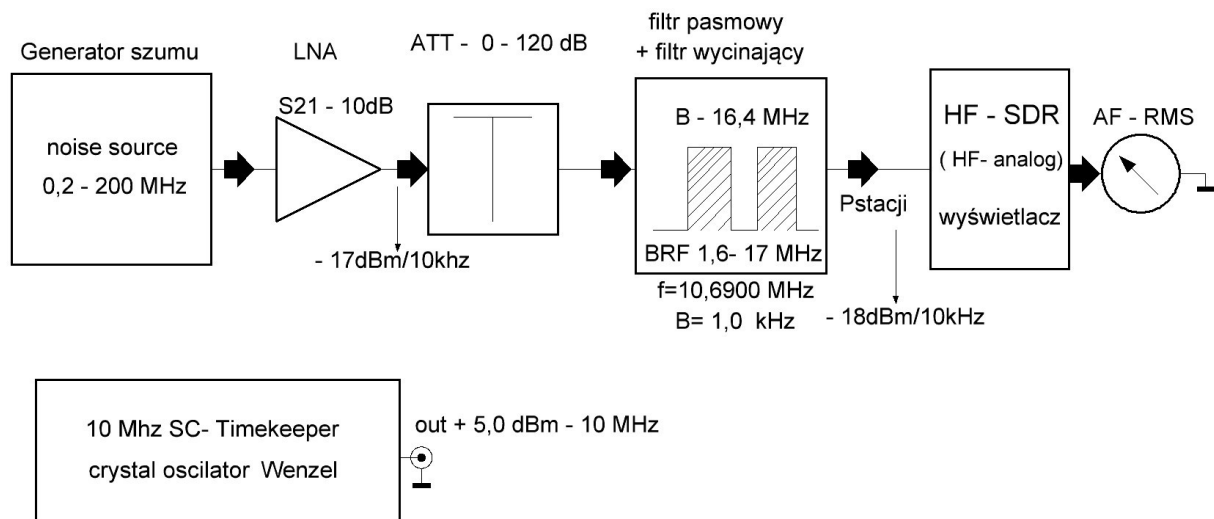
MDS (minimalny dostrzegalny sygnał): Jest to miara maksymalnej czułości odbiornika. Jest to poziom sygnału o 3 dB lub 10 dB powyżej poziomu szumów odbiornika i jest powiązany z szerokością filtra odbiornika typowo np. CW 500 Hz a SSB 2,4 kHz. Mając sygnał na wyjściu gen. 10 MHz + 5 dBm z pomocą tłumika ATT – można zrobić pomiar MDSa.

RMDR i SBN

Odwrotny zakres dynamiki mieszania (RMDR) i szum wstęp bocznych (SBN). Szum pasma bocznego generatora miesza się z odbieranym sygnałem i w ten sposób może blokować odbiornik, dlatego szum pasma bocznego generatora zegara powinien być bardzo niski. Z tego powodu należy określić odległość od nośnej w której mierzony jest szum wstęgi bocznej SBN – określony jako moc/ szerokość pasma (dBm/Hz)

Do pomiaru wykorzystuje taką samą metodę co w przypadku pomiaru czułości – metodę 3dB ale należy zastosować testowany sygnał o wyjątkowo niskim poziomie szumów o 10 dB lepszym niż SBN testowanego odbiornika. Do tego celu wykorzystywałem generator 10- MHz – SC- Timekeeper Crystal Oscillator firmy Wenzel.

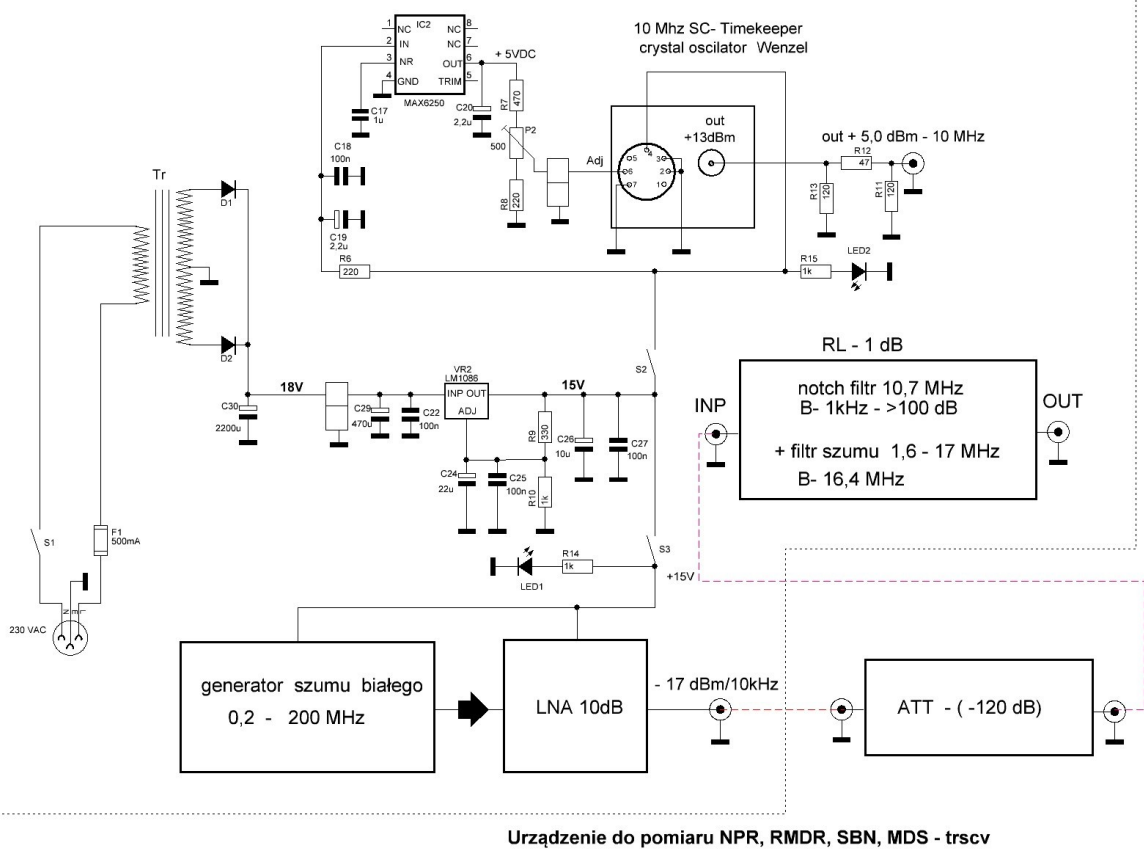
Schemat blokowy przyrządu



moc szumu stacji pomiarowej na wyjściu (BRF 16,4MHz) wynosi po wyliczeniu :

$$P_{\text{stacji}} = P_{\text{nois}} \left(\frac{BW-10\text{kHz}}{\text{analizator}} \right) + 10 \log \left(\frac{16400\text{kHz}}{10\text{kHz}} \right) = -18 \text{ dBm} + 32 = +14 \text{ dBm}$$

BWR - filtr szumu wylczyć



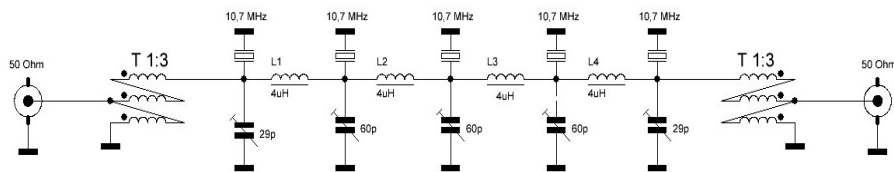
Generator szumu

W generatorze źródłem szumu jest dioda zenera 6,2V + 3 stopniowy układ wzmacniaczy LNA – INA-02184 – wykorzystałem układ kupiony w alixpresie zmodyfikowany o dodatkowy układ stabilizatora LDO 12V oraz dobranie prądu diody zenera w celu uzyskania prostego odcinka szumów w paśmie 1 - 200 MHz. Na wyjściu generatora pomierzona wartość mocy szumu analizatorem HP8694E – RES 10 kHz – wynosi (-27) dBm a po wzmacniaczu LNA (-17 dBm) a po filtrze szumów (-18 dBm) i po przeliczeniu do BW (16,4 MHz/10kHz) wynosi +14 dBm

LNA

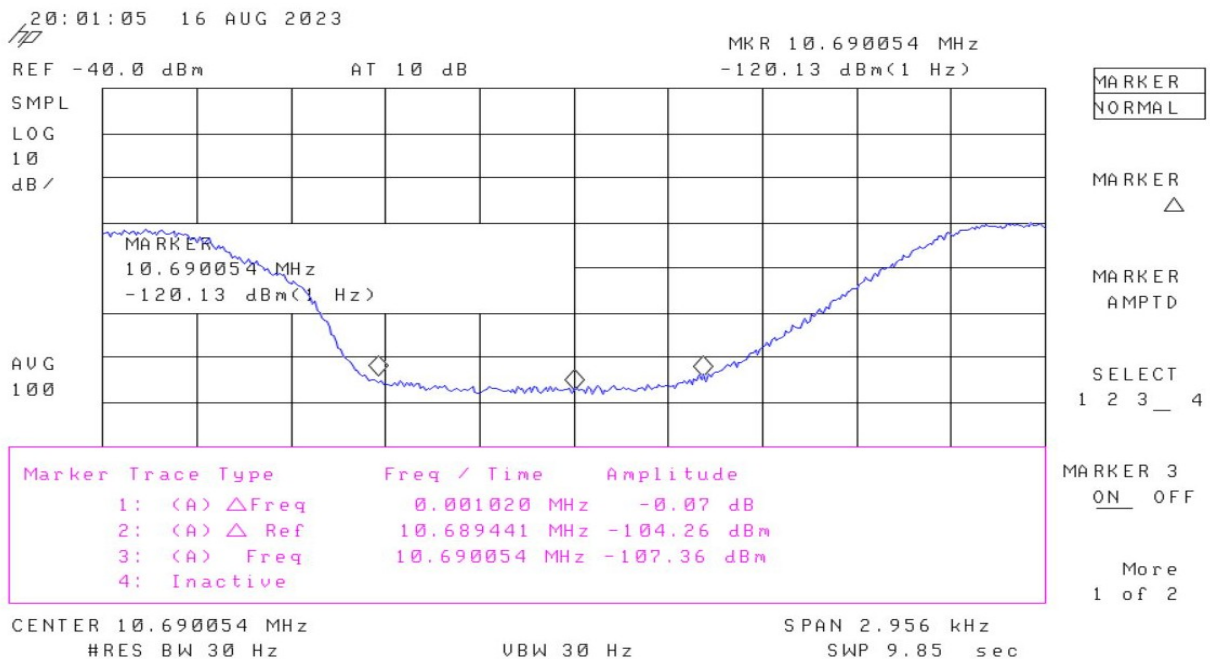
LNA – S21 o wzmacnieniu 10dB zastosowano firmy Q-BIT Corporation poziom szumów 2 dB S/N– w paśmie 1 – do 200MHz

Notch filtr 10,7 MHz i filtr pasma szumów BRF



L1, L2, L3, L4 - T50-6 - 32 zw

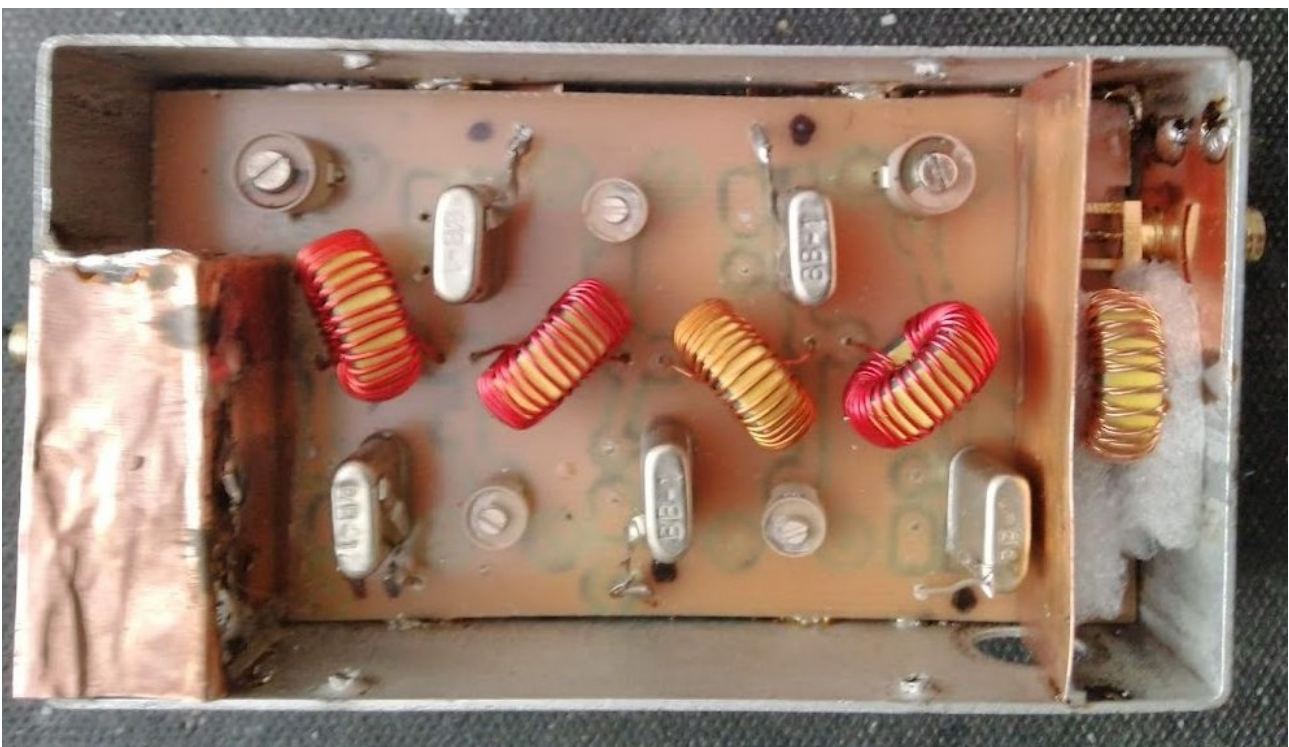
T - trifilar 3 x 24 zw T50 - 6

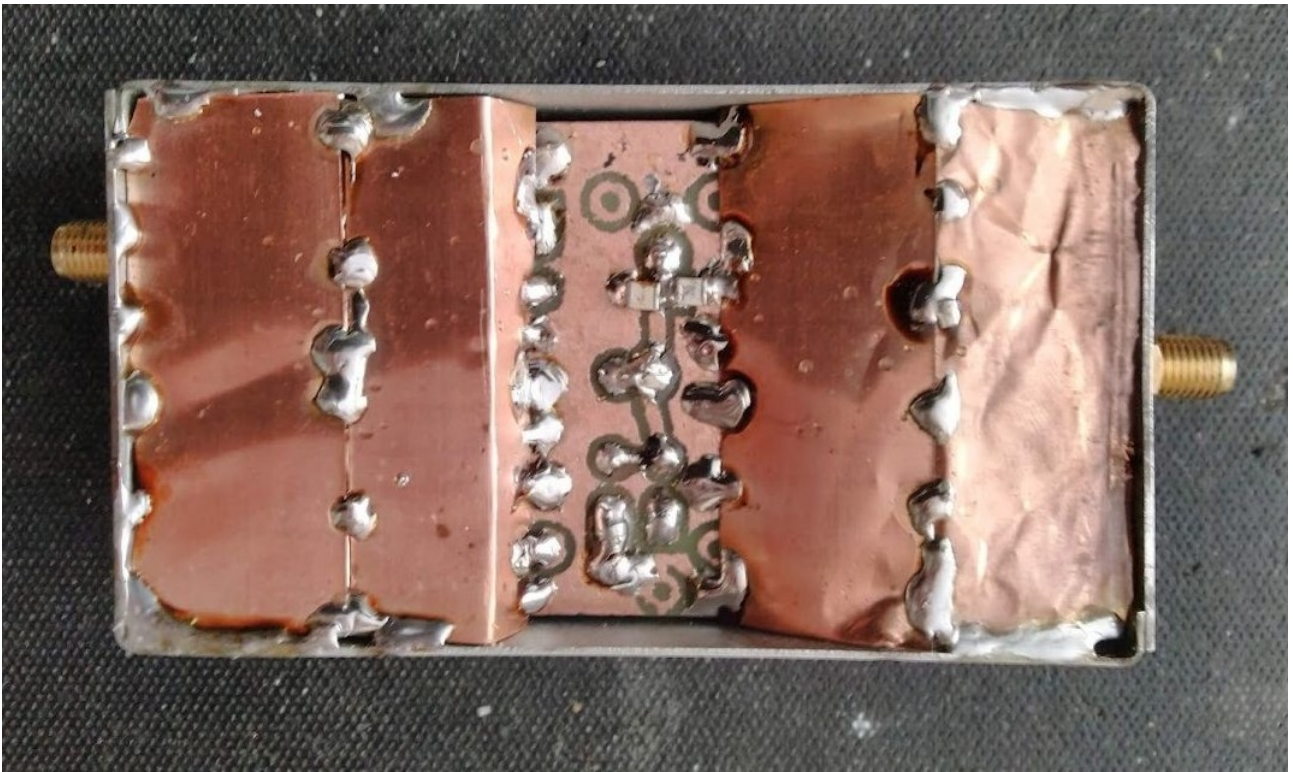


Pomiar szerokości notcha w podstawie filtra 10.690033 MHz

Aby nie robić oddzielnych filtrów pasmowych wykorzystano możliwość izolowania rezonatorów kwarcowych odcinkami linii transmisyjnej – 1/4 długości fali linii wg propozycji **W7ZOI** co można wykonać za pomocą obwodów PI działającej na tej samej częstotliwości $Q=1$ ($X_L = X_C = R_0$) wykazują przesunięcie fazowe 90 stopni a głębsze zero rezonansu jeśli obwód przekształcimy w górę 50 om. Rezonatory kwarcowe o pojemności $C_0 = 3$ pF nie wpływają na charakterystykę filtra BRF – zakresu pasma szumów.

Rezonatory kwarcowe do filtra wykorzystałem z demobilowych filtrów FM – Radmora wybrałem 5 szt o tej samej numeracji. Wyliczyłem indukcyjności oraz pojemności filtra pasma szumów wg **OE3HKL**. Starłem się dobrze za-ekranować poszczególne sekcje rezonatorów kwarcowych ażeby uzyskać tłumienie notcha w wycięciu > 100 dB. Szerokość pasma 3 dB w wycięciu notcha wynosi 1,0 kHz co pozwala pomierzyć trscv w których można ustawić IF filtra Rxa poniżej 1kHz. Do pomiarów szerszych filtrów np. SSB 2,7 khz będzie potrzebny filtr notch który w podstawie wycięcia będzie miał szerokość B- 3 kHz

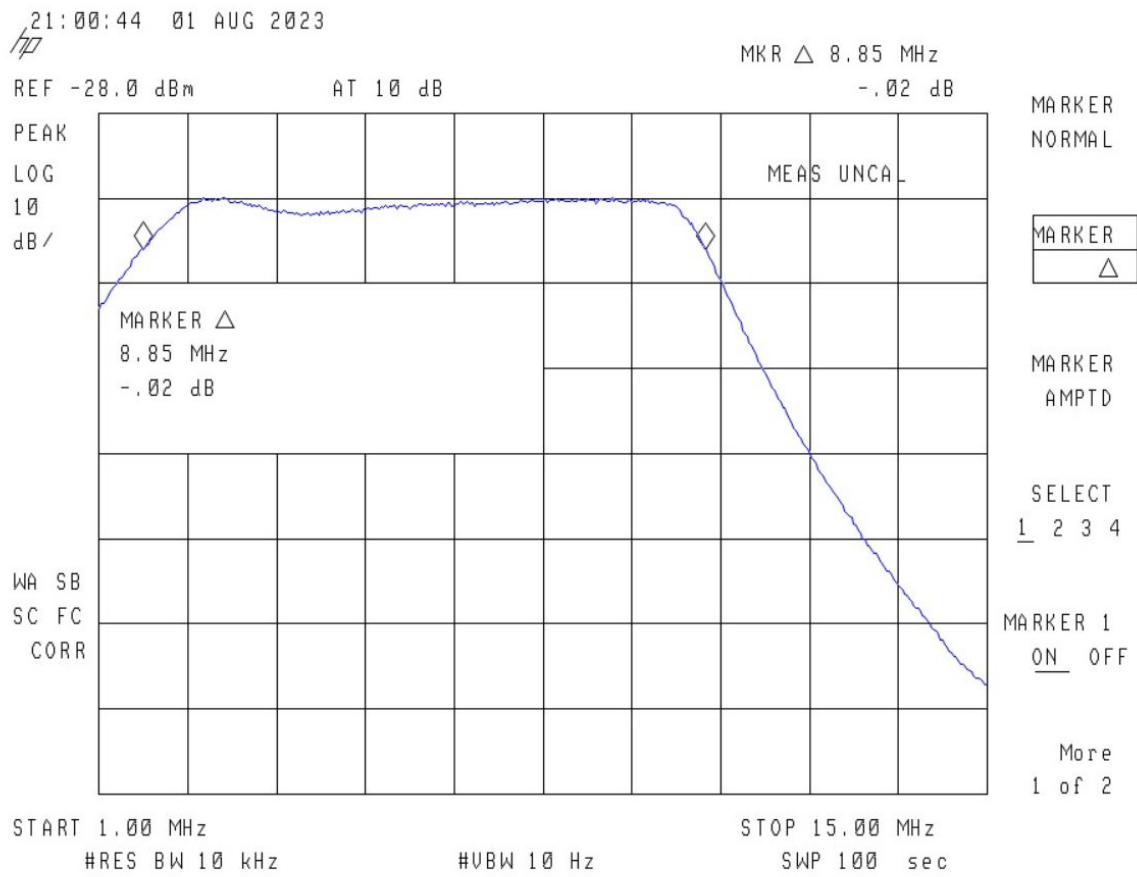




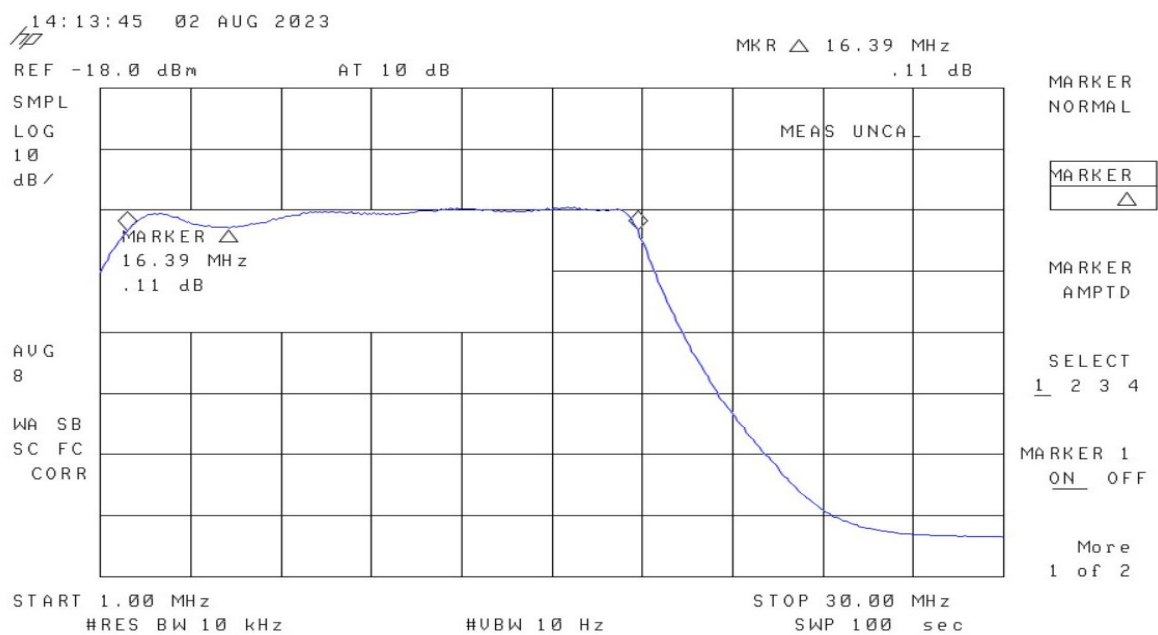
fo- 10.690.033 MHz



notch filtr 8,862,836 MHz B- podstawy notcha 1,5 kHz



Pomiar szerokości pasma filtra szumów BRF- 8,86 MHz



Pmiar szerokości pasma filtr szumów BRF - 16,4 MHz

Mając pomierzoną wartość na wyjściu generatora szumów + filtr pasmowy szumów 16,4 MHz oraz po przeliczeniu wartości BWR filtra szumów ($10 \log 16400\text{kHz}/10\text{kHz}$) który wynosi 32 dB i mając skalibrowany tłumik łatwo obliczyć przy jakiej wartości następuje wzrost szumów o 3 dB na wyjściu AF- (pomiar RMS) lub przy SDRach z bezpośrednim próbkowaniem zwiększamy poziom szumu aż do wystąpienia przesterowania przetwornika ADC a następnie zmniejszamy poziom szumu do momentu żeby przez 10 sekund nie było widać (OVF) przesterowania

Wzory do przeliczeń

BRF- 16,4 MHz

BW- szerokość notch filtra –10,690033 MHz – BW 3 dB@ 100 dB- 1 Khz

$BWR = 10 \log (BRF/BIF)$

$10 \log (16400 \text{ kHz}/10\text{kHz}) = 32 \text{ dB}$ (10 kHz- BW analizatora)

BRF - szerokość filtra pasma szumów – 3 dB

BIF – szerokość pasma szumów BW analizatora

$BWR_{rx} = 10 \log BRF/BIF_{rx}$

Poziom mocy szumów odnosi się do 1 Hz – zależy od pasma szumów

$NPR = PTOT - BWR_{rx} - MDS$

$PTOT = P_{\text{nois}} (\text{BW}-10 \text{ kHz}) + 10 \log (16400 \text{ kHz}/10\text{kHz})$
analizatora BWR- filtra szumów wyliczyć

PTOT – moc szumu w dBm gdy na wyjściu audio szumy wrosną o 3 dB lub przy którym następuje nasycenie przetwornika ADC (OVC)

BWR_{rx} – szerokość filtra odbiornika np. 500 Hz

MDS (minimalny dostrzegalny sygnał): Jest to miara maksymalnej czułości odbiornika. Jest to poziom sygnału o 3 dB powyżej poziomu szumów odbiornika i jest powiązany z szerokością filtra odbiornika

Pomiar NPR, RMDR, SBN – przykłady pomiaru IC7300, FT991A

ustawienia trscv do pomiaru

△ f - kHz	Pinp - dBm		RMDR - dB		SBN-dBc/Hz	
	IC7300	FT991A	IC7300	FT991A	IC7300	FT991A
1	-32	-66	93	54	120	81
2	-28	-57	97	63	124	90
3	-27	-52	98	68	125	95
5	-21	-45	104	75	131	102
10	-17	-37	108	83	135	110
20	-15	-30	110	90	137	117
30	-9	-25	116	95	143	122
40	-8	-21	117	99	144	126
50	-4 OVF	-18	121	102	147	129

IC7300 CW-500Hz SHARP,ATT-OFF,NR-OFF, NB-OFF, NOTCH-OFF,AGC-M,IP-OFF, MDS- 10 MHz - (-125 dBm) S/N - 3dB, CW-500Hz

FT991A - CW, IF- BW- 500Hz,IPO-OFF,ATT-OFF,AGC-slow, DNF-OFF,NB-OFF,DNR-OFF, Notch - OFF, CONTUR - OFF, MDS- 10 MHz - (-120 dBm) S/N - 3dB, CW-500Hz

RMDR - wzajemne miksowanie - dB

SBN - szum wstęp bocznych - dBc/Hz

Pinp - poziom sygnału na wejściu trscv

MDS- minimalny dostrzegalny sygnał

$RMDR = Pinp - MDS$

$SBN = -(RMDR + 10 \log BIF_{rx}) = -(93 + 10 \log 500Hz) = -(93 + 27) = 120 \text{ dBc/Hz}$

IC7300

MDS- 10 MHz - (-125 dBm) S/N - 3dB, CW-500Hz

$NPR = -14 \text{ dBm} - 10 \log 16400 \text{ kHz} / 0,5 \text{ kHz} - (-125 \text{ dBm}) = 66 \text{ dB}$

MDS dBm	BRF kHz	PTOT 3 dB dBm	PTOT (OVC)	BIF IF rx Hz	BWR rx dB obliczony	NPR 3 db obliczony	NPR (OVF) obliczony
-125	16400	-14	-10	500 Hz	45	66	70

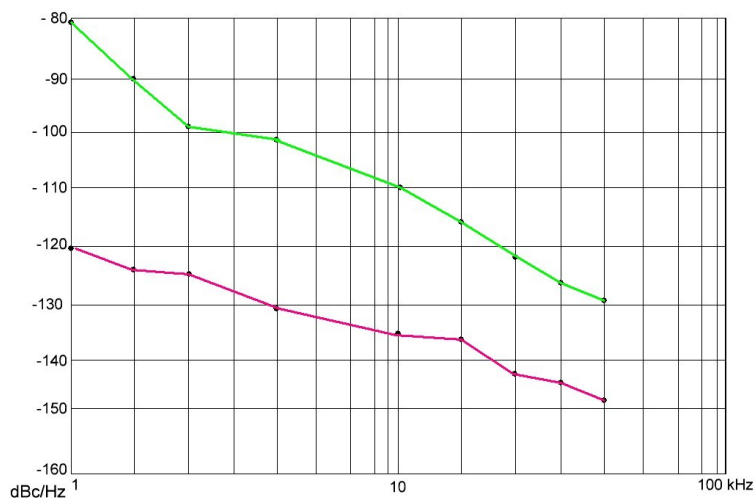
FT991A

MDS- 10 MHz - (-120 dBm) S/N - 3dB, CW-500Hz

$NPR = -15 \text{ dBm} - 10 \log 16400 \text{ kHz} / 0,5 \text{ kHz} - (-120 \text{ dBm}) = 60 \text{ dB}$

MDS dBm	BRF kHz	PTOT 3 dB dBm	BIF IF rx Hz	BWR rx dB obliczony	NPR 3 db obliczony
-120	16400	-15	500 Hz	45	60

$NPR = PTOT - BWR_{rx} - MDS$



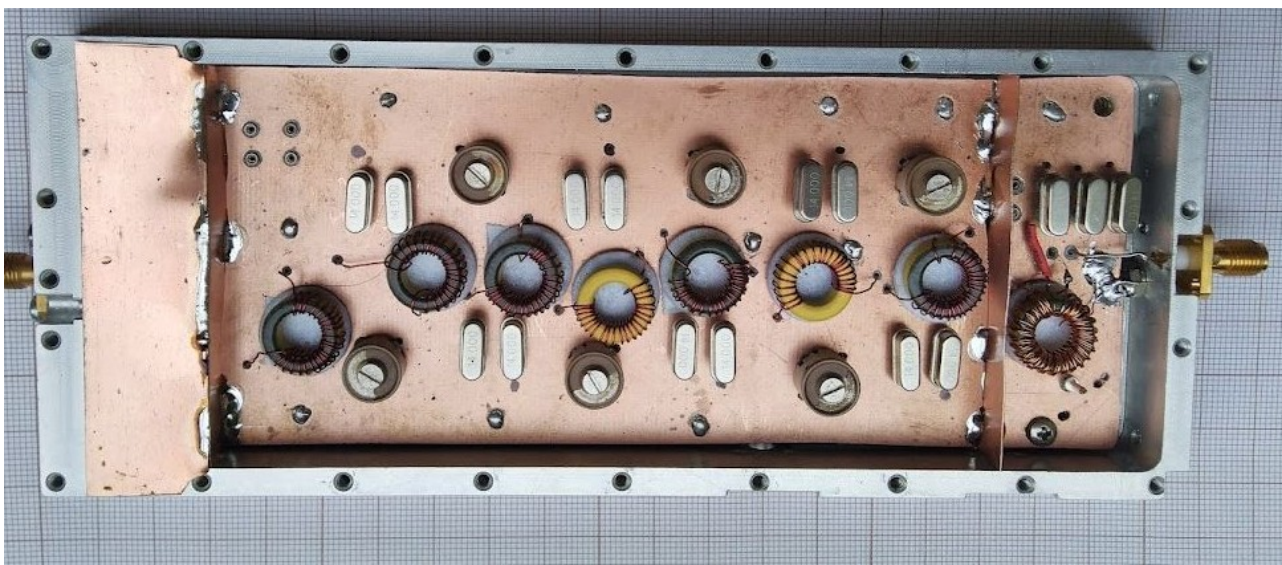
IC7300 - czerwony

FT991A- zielony

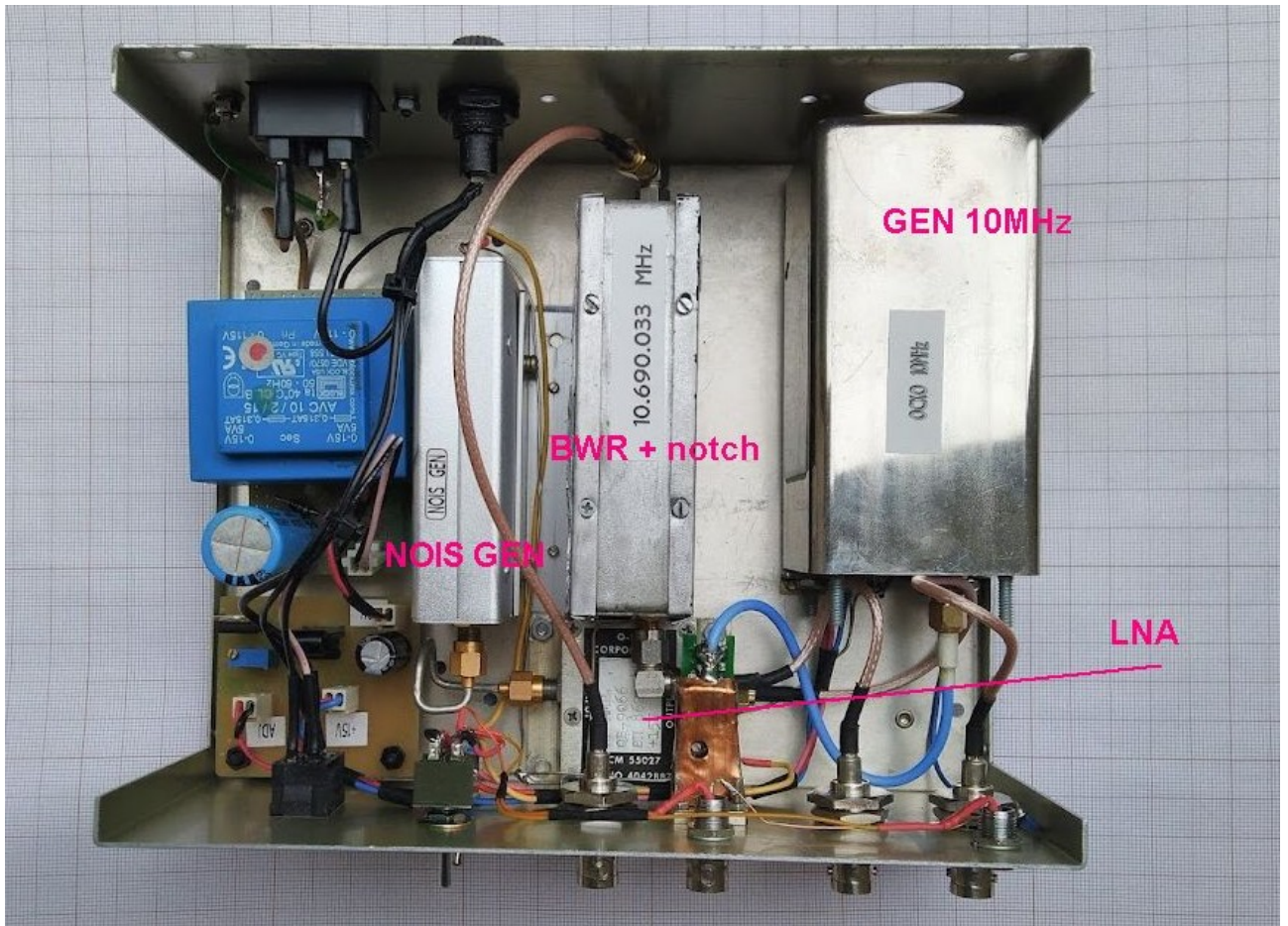
SBN - szum wstęp bocznych - dBc/Hz

Pomiar audio RMS wykonano miernikiem cyfrowym lcd - APPA-305 Dokładność pomiaru będzie zależna od tłumika ATT z którego bezpośrednio można odczytać wartości tłumienia z które po przeliczeniu dadzą nam końcowe wyniki pomiarów.

Pomiary można wykonać dla trscv analogowych w których zakres odbioru można zastosować notch filtr - 10,690 MHz i posiadają wąski filtr BW filtr < 1kHz. Aktualnie przygotowuję notch filtr który będzie pokrywał zakres 14 MHz, posiadał szerokość podstawy stopy > 3kHz @ 100 dB i wtedy pomiar z filtrami SSB 2,4kHz , - 2,7 kHz będzie możliwe.



Zdjęcia przyrządu



Materiały pomocne przy budowie urządzenia :

- <http://www.oe3hkl.com/hf-measurements/npr-messplatz-rauschgenerator.html>
- Analog Devices Inc. Tutorial MT-005, 2009
- I2VGO - Gianfranco Verbana
- VA7OJ/AB4OJ Adam Farson
- DC4KU – Werner Schnorremberg

SP9HVW- Józef Łuska